مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ششم، بهار و تابستان ۱۳۸۵

امین علیزاده
دانشکده کشاورزی
محمّدجواد خانجانی
دانشگاه شهید باهنر کرمان
حمید تراز
جهاد دانشگاهی کرمان
محمدرضا رهنورد
سازمان جهاد کشاورزی خراسان

بررسی اثرات اصلاح داده‌های دما بر دقّت محاسبات تبخیر و تعرّق و مقایسه‌ی آن با نتایج به‌دست آمده از لایسیمتروزنی

چکیده

یکی از روش‌های بهبود مدیریت آب در مزرعه، برآورد دقیق آب مصرفی گیاه از طریق محاسبه‌ی تبخیر- تعرّق است. بیشتر معادلات تبخیر- تعرّق بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاههای مرجع به دست آمده‌اند، حال آن‌که داده‌های هواشناسی غالباً از ایستگاههای غیر مرجع به دست می‌آیند. استفاده از این داده‌ها برای برآورد تبخیر- تعرّق، به منظور برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای، ممکن است موجب بروز خطاهای قابل ملاحظه‌ای شود. هم‌زمان با اندازه‌گیری تبخیر- تعرّق لایسیمتروزنی، با استفاده از روش‌های مختلف مقادیر تبخیر- تعرّق قبل و بعد از اصلاح دما، محاسبه گردید. اصلاح دما روی روش هارگریوز- سامانی تأثیری نداشت. سه روش تابشی: فائو ۲۴، پریستلی- تایلور، جنسن- هیزپس، از اصلاح دما و استفاده از معادلات اصلاحی برای محاسبه‌ی تبخیر- تعرّق روزانه مناسب تشخیص داده شدند.

درآمد:

به دلیل تفکیک و تقسیم انرژی تابشی در سطح زمین، آبیاری موجب تعدیل خرد اقلیم(میکروکلیما) منطقه می‌شود. آبیاری موجب می‌شود که مقدار بیشتری از انرژی تابشی صرف تبخیر- تعرّق و مقدار کمتری از آن صرف گرم کردن هوا و خاک شود. این موضوع باعث کاهش دمای هوا و افزایش رطوبت نسبی می گردد. تقسیم تابش خالص ورودی، به میزان رطوبت سطح تبخیرکننده بستگی دارد. برای ایستگاههای واقع در اقلیم‌های مرطوب که رطوبت خاک در آنها زیاد است، مقدار بیشتری از تابش خالص ورودی صرف تبخیرشده وقسمت کمتری از آن صرف گرم کردن هوا و خاک می‌شود. از طرف دیگر در ایستگاههای مناطق خشک، بیشتر تابش خالص رسیده به سطح خاک خشک صرف گرم کردن هوا و خاک می‌شود، زیرا آب کمتری برای تبخیر در دسترس است.در شرایطی که اراضی خشک یک ایستگاه غیر مرجع را احاطه کرده باشند، برخی از داده‌های ثبت شده در آن ایستگاه برای محاسبه‌ی تبخیر- تعرّق بی‌اعتباراند. آلن و همکاران با استفاده از آمارچهار ایستگاه هواشناسی، به بررسی اثرات موقعیّت ایستگاه روی مقدار نیاز آبی برآورده شده پرداختند. از چهار ایستگاه مورد استفاده دو مورد آنها در اراضی خشک کویری و دو مورد دیگر در شرایط فاریاب قرار داشتند. آنها نتیجه گرفتند هنگامی که تبخیر- تعرّق با استفاده از دمای هوا و دمای نقطه‌ی شبنم اخذ شده از ایستگاههای خشک تبخیر- تعرّق محاسبه می‌شود، مقدار تبخیر- تعرّق درفصل رشد ۱۷٪ و در ماه ژوئیه ۲۱٪ بیشتر برآورد می شود. بورمن و همکاران در منطقه‌ای به شعاع ۵۰ کیلومتر، که از اراضی خشک بوته زار آغاز می‌شد، با حرکت به سمت مرکز منطقه، که ناحیه‌ای فاریاب بود، به اندازه گیری عوامل اقلیمی پرداخته و تغییرات آن را بررسی نمودند. آنها نتیجه گرفتند که در ماه مه،تغییرات عوامل اقلیمی در دو منطقه حداقل می‌باشد، در حالی که در ماه ژوئیه میانگین درجه حرارت در صحرا حدود ۳ درجه از منطقه‌ی فاریاب گرمتر است. آنها همچنین مشاهده نمودند که با حرکت به سمت داخل منطقه فشار بخار اندازه‌گیری شده افزایش‌یافته و همچنین در حد فاصل این دو منطقه مقدار تبخیر- تعرّق برآورد شده ۲۰٪ کاهش می‌یابد. لی و آلن با استفاده از داده‌های ۸ایستگاه هواشناسی به بررسی اثرات موقعیّت ایستگاه روی دمای بیشینه، دمای کمینه و فشار بخار پرداختند و به این نتیجه رسیدند که:

۱. دمای بیشینه در ایستگاههای خشک در مقایسه با ایستگاههای مرجع درماه ژوئیه ۱/۸ ودر طول فصل رشد ۰/۹ بیشتر بود؛

۲. دمای کمینه در ایستگاههای خشک در مقایسه با ایستگاههای مرجع در ماه ژوئیه ۱/۸ ودر فصل رشد ۰/۷ بیشتر بود؛

۳. فشار بخاردر ایستگاههای خشک در مقایسه با ایستگاههای مرجع در ماه ژوئیه ۰/۶ و در طول فصل رشد ۰/۷ کمتر بود؛

۴. تبخیر- تعرّق برآورده شده در ایستگاههای خشک در مقایسه با ایستگاههای مرجع در ماه ژوئیه ۲۰٪ و در طول فصل ۱۹٪ بیشتر بود؛

۵. سرعت باد در ایستگاههای خشک در مقایسه با ایستگاههای مرجع بیشتر بود؛

۶. یکی از روشهای ساده برای برآورد اثرات خشکی در یک ایستگاه هواشناسی، که درآن دما و رطوبت اندازه گیری می شود، مقایسه‌ی دمای کمینه روزانه (T_{min}) و دمای نقطه‌ی شبنم (Td) است. در ایستگاههای مرطوب اگر سرعت باد در اوایل صبح پایین باشد. T_{min} معمولاً مساوی Td است.این موضوع حتی در مناطق خشک و نیمه خشکی، که محیط اطراف ایستگاه تحت آبیاری است، نیز صادق است.آلن تأثیر محیط تحت آبیاری بر ایستگاه هواشناسی را مورد مطالعه قرار داد و سپس روش‌هایی را برای اصلاح دمای نقطه‌ی شبنم ارائه نمود و گزارش کرد که با استفاده از تصحیحات میزان تبخیر- تعرّق محاسبه شده از فرمول‌های پنمن- مونتیث و هارگریوز در مناطق خشک تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

موادّ و روش

این بررسی در ایستگاه لایسیمتری جهاد دانشگاهی کرمان با عرض جغرافیایی ۱۵ و ۳۰و طول جغرافیایی ۵۶َ و ۵۶ و ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط رطوبت نسبی سالیانه ۳۲ درصد متوسط دمای کمینه سالیانه ۸- بیشینه ۳۹ و میانگین سالیانه ۱۵/۵ می‌باشد و متوسط بارندگی کرمان در محل ایستگاه هواشناسی فرودگاه کرمان ۱۵۰ میلی‌متر گزارش شده است.

همچنین از اطّلاعات هواشناسی و اقلیمی ایستگاه هواشناسی کرمان(واقع در محل فرودگاه) در دوره‌ی مطالعه نیز استفاده شد. این اطّلاعات شامل دما(کمینه و بیشینه) سرعت باد، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، ارتفاع، عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی ایستگاه وداده های لایسیمتر وزنی در فاصله‌ی زمانی ۱۰ دقیقه‌ای می‌باشد.برای اصلاح داده‌ها از روش آلن و همکاران استفاده گردید.

روش پیشنهادی آلن برای اصلاح داده‌های دمای بیشینه، دمای کمینه و دمای نقطه‌ی شبنم، به شکل زیر است:

$$T_{mincor} = T_{min} - Kar.\Delta T \quad (۱)$$

$$T_{max\,cor} = T_{max} - K_{ar}.\Delta T \quad (۲)$$

$$T_{dcor} = T_d + (1-K_{ar})\ .\Delta T \quad (۳)$$

$$.\Delta T>,\ .\Delta T = MDD-\ .\Delta T_{climate} \quad (۴)$$

دمای کمینه: T_{min}

دمای بیشینه: T_{max}

دمای نقطه ی شبنم: T_d

دمای بیشینه‌ی اصلاح شده: $T_{max\,cor}$

دمای نقطه‌ی شبنم اصلاح شده: T_{dcor}

K_{ar} ضریب خشکی نسبی که یک ضریب تجربی است و مقدار آن ۰/۵ می باشد.

MDD فاکتور تصحیح که برابر $T_{min} - T_d$ است.

ΔTclimate. نشاندهنده‌ی محدوده‌ای از MDD است که در مقادیر کمتر از آن نباید تصحیح صورت پذیرد.

در این معادلات فرض شده که Tmax، به همان اندازه Tmin ازخشکی ایستگاه متأثر باشد. از آن جا که در شرایط مرجع به دلیل خطاها و یا تغییر Td در طول روز، مقدار Tminدر محدوده‌ی $3\pm$ نسبت به Td قرار دارد، لذا تأکید شده است که ΔTclimate. برای مناطق خشک و نیمه خشک معادل ۲ تا ۳ درجه‌ی سانتی گراد، و برای شرایط آب و هوایی مرطوب و نیمه مرطوب معادل صفر در نظر گرفته شود.

نتایج

هم‌زمان با اندازه گیری تبخیر- تعرّق توسط لایسیمتر وزنی با استفاده از یازده روش متفاوت، مقادیر تبخیر- تعرّق قبل و بعد از اصلاح دما محاسبه گردید. محاسبات مربوط به ده روش توسط برنامه‌ی رایانه‌ای REF-ET صورت گرفته است. این روش‌ها عبارت انداز:

۱. روش پنمن- مونتیث؛

۲. روش پنمن- کیمبرلی؛

۳. روش پنمن- کیمبرلی؛

۴. روش پنمن ۱۹۴۸؛

۵. روش پنمن اصلاح شده؛

۶. روش پنمن- فریر- پوپو؛

۷. روش پریستلی- تایلوری؛

۸ روش تابشی فائو ۲۴؛

۹. روش هارگریوز- سامانی؛

۱۰. روش بلانی- کریدل فائو؛

۱۱. روش جنسن- هیز.

انتخاب روش بر اساس کمینه خطای استاندارد برآورد (SEE) و ضریب همبستگی (r^2) استوار می‌باشد. SEE کم و R^2 بالا دلالت بر هم‌خوانی رابطه‌ی بین تبخیر- تعرّق برآورده شده به وسیله‌ی روش مورد نظر و تبخیر- تعرّق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر وزنی دارد. SEE پایین و r^2 بالا همچنین نشاندهنده‌ی درجه‌ی اعتبار و دقّت ضریب رگرسیون (c) می باشد.

SEE و r2 جامعه تفاوتها برای هر روش قبل و پس از اصلاح دما نسبت به لایسیمتر وزنی محاسبه و در جداول ۱ و ۲ آورده شده‌اند.

مقادیر تبخیر- تعرّق برآوردی با روش پنمن- مونتیث- فائو ۵۶ قبل از اصلاح دما ۱۳ درصد نسبت به لایسیمتر بیشتر است، در حالی که تبخیر- تعرّق برآوردی با این روش پس از اصلاح دما با تبخیر- تعرّق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر اختلاف ناچیزی دارد، به گونه‌ای که مقدار تبخیر- تعرّق را فقط ۴ درصد کمتر برآورد می نماید. تبخیر- تعرّق برآورده شده به وسیله‌ی روش پنمن ـ کیمبرلی ۱۹۸۲ قبل از اصلاح دما ۹ درصد بیشتر نسبت به لایسیمتر بود. نتایج پس از اصلاح دما بسیار رضایت‌بخش می‌باشد، به گونه‌ای که تبخیر- تعرّق را فقط یک درصد فرو برآورد می نماید.

روش پنمن- کیمبرلی ۷۲ قبل از اصلاح دارای اختلاف زیاد با نتایج لایسیمتر داشت، پس از اصلاح دما نتایج به دست آمده از این روش با نتایج لایسیمتر نزدیک بود. تبخیر- تعرّق برآوردی به وسیله‌ی روش پنمن ۴۸ قبل از اصلاح دما ۱۳ درصد از تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده به وسیله‌ی لایسیمتر بیشتر است، پس از اصلاح دما تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده از لایسیمتر و محاسبه شده با این روش نزدیک به هم است، به گونه‌ای که این روش فقط ۰/۵ درصد بیشتربرآورد کرد. رفتار روش پنمن- فائو ۲۴ از نظر مقدار برآورد تبخیر- تعرّق مشابه پنمن- ۱۹۴۸ است، ولی ضریب همبستگی این روش کوچکتر است. روش پنمن ۱۷ مقدار تبخیر- تعرّق را قبل و بعد از اصلاح دما به ترتیب ۲۳و ۱۱ درصد نسبت به تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده از لایسیمتر بیشتر برآورد کرد، در میان روشهای ترکیبی این روش دارای کمترین حسّاسیّت به اصلاح دماست.

همچنین پس از اصلاح دما این روش در میان روشهای ترکیبی بزرگترین ضریب همبستگی و کمتری خطای استاندارد است. تبخیر- تعرّق برآوردی با روش تابشی فائو ۲۴ نسبت به تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده به وسیله‌ی لایسیمتر قبل و پس از اصلاح دما به ترتیب ۲۵ و ۱۵ درصد بیشتر بود. روش هارگریوز- سامانی قبل از اصلاح دما با یک درصد فرو برآورد نسبت به لایسیمتر وزنی در میان سایر روشها در صدر قرار می گیرد، این روش پس از اصلاح دما نتایج مطلوبی ارائه نکرد. روش پریستلی- تایلور مقدار تبخیر- تعرّق را همواره از تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده از لایسیمتر کمتر محاسبه می کند، ضریب همبستگی و SEE این روش رضایت بخش است.

تبخیر و تعرّق اندازه گیری به وسیله‌ی لایسیمتر از تبخیر- تعرّق محاسبه شده با روش جنسن- هیز قبل از اصلاح دما، ۱۷ درصد کمتر و پس از اصلاح دما، ۲۴ درصد بیشتر است. با توجه به نتایج این روش به اصلاح دما حساسیّت زیادی دارد. روش بلانی- کریدل فائو ۲۴ در مقایسه با روش پریستلی- تایلور از روشهای دمایی، برآورد رضایت بخشی ارائه کرد. این روش قبل از اصلاح دما تبخیر- تعرّق را ۲۱درصد بیشتر از تبخیر- تعرّق اندازه گیری شده به وسیله‌ی لایسیمتر برآورده کرد. روش مورد بحث پس از اصلاح دما با دو درصد فرو، برآورد نتایج رضایت‌بخشی ارائه کرد.

با توجه به جداول ۱ و ۲ و مقادیر حداقل خطای استاندارد برآورد و ضریب همبستگی، سه روش زیر پس از اصلاح دما و استفاده از معادلات اصلاحی زیر برای محاسبه‌ی تبخیر- تعرّق روزانه، به ترتیب مناسب تشخیص داده شدند.

۱. روش تابشی فائو۲۴ $ETP_L=o.76ETP_{method}+0.71$

۲. روش پریستلی- تایلور $ETP_L= 1.38ETP_{method}+0.41$

۳. روش جنسن- هیز $ETP_L=0.96ETP_{method}+1050$

جدول ۱ خطای استاندارد برآورد ET_0، ضریب همبستگی و ضریب رگرسیون با استفاده از روشهای مختلف در مقایسه با اندازه گیریهای لایسیمتری

روش	a	r^2	SEE
پنمن- فونتیت	۰/۸۷	۰/۴۸	۱/۱۹
پنمن- کمبرلی ۹۶	۰/۸۸	۰/۴۷	۱/۱۹
پنمن- کمبرلی ۷۲	۰/۸۳	۰/۳۴	۱/۳۳
پنمن ۴۸	۰/۸۷	۰/۶۰	۱/۰۴
فائو ۲۴	۰/۸۷	۰/۵۶	۱/۰۹
پنمن ۱۷	۰/۷۷	۰/۵۵	۱/۱۰
تابشی- فائو	۰/۷۵	۰/۶۰	۱/۰۴
بدانی- کریدل	۰/۷۹	۰/۶۰	۱/۰۴
هارگریوز- سامانی	۱/۰۱	۰/۵۶	۱/۰۹
پرستلی- تایلور	۱/۳۴	۰/۶۶	۰/۹۶
جنسن- هیز	۰/۸۳	۰/۵۹	۱/۰۶

نتیجه گیری

۱. کلیه‌ی روشها به جز روش هارگریوز- سامانی پس از اصلاح دما دارای ضریب همبستگی بیشتر و خطای استاندارد کوچکتر بودند؛

۲. نتایج روشهای پریستلی- تایلور، جنسن- هیز و هارگریوز- سامانی پس از اصلاح دما با نتایج حاصل از لایسیمتر دارای اختلاف بیشتری بود؛

۳. درصورتی که بخواهیم روشی را بدون اصلاح دما و واسنجی مورد استفاده قرار دهیم، روش هارگریوز-سامانی توصیه می شود.

جدول ۲. خطای استاندارد برآورد ET_0، ضریب همبستگی و ضریب رگرسیون با استفاده از روشهای مختلف پس از اصلاح دما در مقایسه با اندازه‌گیری لایسیمتری

روش	a	r^2	SEE
پنمن-فونتیت	۱/۰۳۷	۰/۵۷	۱/۰۷
پنمن- کمبرلی ۹۶	۱/۰۰۷	۰/۵۱	۱/۱۵
پنمن- کمبرلی ۷۲	۰/۹۵۵	۰/۳۸	۱/۲۹
پنمن ۴۸	۰/۹۹۵	۰/۶۳	۱/۰۰۲
فائو ۲۴	۰/۹۹۵	۰/۵۴	۱/۱۱
پنمن ۱۷	۰/۸۹	۰/۶۴	۰/۹۸
تابشی-فائو	۰/۸۵	۰/۷۶	۱
بدانی- کریدل	۱/۰۱۶	۰/۶۵	۰/۹۶
هارگریوز-سامانی	۱/۲۳	۰/۵۶	۱/۰۹
پرستلی- تایلور	۱/۴۷	۰/۷۰	۰/۸۹
جنسن-هیز	۱/۲۴	۰/۷۰	۰/۸۹

منابع و مآخذ

1. Allen, R. G. 1986. *A Penman for all seasons*. J. Irrig. And Drin Eng. 112 (4): 348-368.
2. Allen, R. G. Brockway, C. E., and J. L. Wright. 1983. *Weather station siting and consumptive use estimates*. J. Water Resour. Plng. And Mgmt. ASCE 109 (2): 134-146.
3. Allen, R. G., L. S. Raes, and M. Smith. 1998. *Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy. 301 p.
4. Burman, R.D., J. L. Wright, M. e. Jensen. 1975. *Change in climate and estimate evaporation across a large irrigation area in Idaho*. Trans. ASCE 18(6): 1089-1093.
5. De Vries, D. A., and J. W. Brich. 1961. *The modification of climate near the ground by irrigation for pastures on the riverine plain*. "Australian J. Agric. Res., 12(2): 260-272.
6. Ley, T. W., and r. G. Allen. 1994. *Energy and water balance analyses of arid weather sites*. Proc. ASAE Int. Summer Meeting, American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph. Mich.
7. Temesgen, B., r. G. Allen, and D. T. Jensen. 1999. *Adjusting temperature parameters to reflect well – waterd conditions*. J. Irrig. And Drain Eng. ASCE 125 (1): 26 – 33.